

2. Щербинин К. А. Пути повышения энергетической эффективности программ модернизации тепловых сетей на примере Свердловской области // Энергетика Татарстана. 2015. № 3. С. 32–36.

УДК 621.438

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ПО МОЩНОСТИ

GAS TURBINE TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT ON POWER

Якименко И. С., Блинов В. Л., Комаров О. В.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
Ivan.Iakimenko@at.urfu.ru

Yakimenko I. S., Blinov V. L., Komarov O. V.
Ural federal university, Ekaterinburg

Аннотация: В статье проводится сравнительный анализ точности и сложности применения различных методов по оценке технического состояния газотурбинных установок на основании данных натурных испытаний газоперекачивающих агрегатов на объектах эксплуатации.

Abstract: The article conducts a comparative analysis of the accuracy and complexity of different methods for the assessment of technical condition of gas turbine plants on the basis of field tests of gas pumping units at the sites of exploitation.

Ключевые слова: газотурбинные установки; газоперекачивающие агрегаты; техническое состояние; эффективная мощность.

Key words: gas turbine plants; gas pumping units; technical condition; effective power.

В соответствии со стратегией развития газовой отрасли России одной из задач является снижение издержек на транспорт газа. Так, до 8 % газа, перекачиваемого по отечественным магистральным газопроводам (МГ), используется в качестве топливного газа для работы приводных газотурбинных установок (ГТУ) [1]. Выполнение этой задачи невозможно без реализации системы мер, направленных на обеспечение максимально энергоэффективной и надежной работы основного оборудования компрессорных станций – газоперекачивающих агрегатов. Такая система мер, в том числе, предусматривает мониторинг технического состояния (ТС) ГТУ.

В качестве критериев оценки ТС применяются коэффициенты технического состояния (КТС). На основании данных по КТС всего парка ГПА осуществляется рациональный выбор распределения загрузки компрессорных цехов, станций (КС) и МГ в целом. Также данный критерий используется для контроля качества проведенного ремонта агрегата. КТС ГТУ можно определить по мощности установки, по ее КПД и расходу топливного газа. Например, для оценки КТС по мощности требуется установить приведенную располагаемую мощность, которую развивает ГТУ при фактическом техническом состоянии, и отнести ее к номинальной (паспортной) мощности. Под приведенной располагаемой мощностью понимается эффективная мощность, которую развивает ГТУ, имеющая фактическое состояние, при стандартных стационарных условиях ($t_a = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_a = 101,3\text{ кПа}$) при достижении любого параметра номинального значения.

Основной сложностью при оценке КТС является точное определение фактической эффективной мощности ГТУ. На сегодняшний день для этого разработано множество методов.

Наибольшее распространение нашел метод определения мощности ГТУ по мощности, потребляемой центробежным газовым компрессором природного газа (ЦБК). Для этого напор, развиваемый ЦБК, определяется по методу «энтальпий» или по политропному методу Шульца [2] с использованием замеров температуры и давления компримируемого газа на входе и выходе ЦБК, а также по известному составу газа. Критическое влияние в данном случае оказывает точность измерения температуры. Также проблема данного метода заключается в точности определения расхода технологического газа. Отсутствие индивидуальных для ГПА замерных узлов приводит к необходимости определения производительности ЦБК иными методами: по перепаду давления на различного рода сужающих устройствах (конфузор или всасывающая камера), либо косвенно по характеристике ЦБК. Первый подход связан с определением точного коэффициента конфузора: подобные устройства нуждаются в индивидуальной градуировке из-за технологических отклонений в геометрии, местах установки отборов давления и различий в обвязке газовых компрессоров, и такая градуировка при отсутствии более точного измерителя расхода в составе агрегата является невыполнимой задачей. Для повышения точности измерений применяются различные расходомеры, например, ультразвуковой расходомер, но это требует проведения специализированных испытаний с использованием дорогостоящего оборудования. Применение же газодинамических характеристик ЦБК для определения расхода газа в большинстве случаев показывает значительные расхождения в полученных данных от действительных значений. Это обусловлено тем, что при получении заводских характеристик в качестве рабочего тела используется воздух, а затем производится пересчет полученных характеристик с воздуха на газ. Также, к неточностям могут приводить ограничения по числу испытаний при большом диапазоне характеристики, отсутствие учета влияния обвязки ЦБК.

В последней четверти XX века ООО «Газпром ВНИИГАЗ» была проведена работа по обобщению результатов теплотехнических испытаний газоперекачивающих агрегатов, эксплуатируемых на КС. Авторы работы [3] произвели уточнение обобщенных характеристик, на базе новых агрегатов. Результаты данного метода определения КТС ГТУ в зависимости от агрегата могут сильно разниться с действительными значениями.

Другие методы расчета мощности ГТУ не используют данные по работе ЦБК. Одним из таких методов является метод оценки располагаемой мощности и КТС по сдвигу характеристик ГТУ [4]. Для данного метода требуется наличие заводских характеристик или характеристик полученных в ходе приемочных испытаний, проводимых перед вводом ГТУ в эксплуатацию для проверки их соответствия требованиям государственных стандартов и технической документации. Но, как правило, предприятие-изготовитель ГПА не предоставляет такие характеристики в достаточном объеме.

Также мощность ГТУ может быть определена из теплового баланса, составленного для контрольного объема (ГОСТ 52782-2007). Данный метод сложен для реализации в эксплуатационных условиях, требует дополнительных измерений и применение его для каждой ГТУ практически невозможно.

Еще одним перспективным методом определения эффективной мощности ГТУ является подход, описанный в работе [5]. Особенностью данного подхода является использование штатных измерений параметров работы ГТУ. Как известно, эффективная мощность ГТУ – это мощность, развиваемая силовой турбиной (СТ). В описанной работе мощность СТ определяется по теплоперепаду и расходу газа. В данном случае для расчета расхода газа применяются газодинамические функции.

Описанные выше методы опираются на термогазодинамические параметры работы ГПА. Иной подход реализуется при определении мощности при помощи измерителя крутящего момента (ИКМ). Данный подход не нашел широкого применения, поскольку требуется использование дорогостоящего оборудования, которое к тому же необходимо периодически отправлять на завод для тарировки.

В настоящем исследовании проводится сравнительный анализ точности и сложности применения различных методов по оценке технического состояния ГТУ. Для этого используются данные специализированных теплотехнических испытаний ГПА различных типов на объектах эксплуатации.

Список использованных источников

1. Шайхутдинов А.З., Жданов С.Ф., Сальников С.Ю. Научно-техническая политика ОАО «Газпром» в области газоперекачивающей техники // Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования. 2010. С 11-16.
2. Щуровский В.А., Сеницын Ю.Н., Корнеев В.И., Черемин А.В., Степанов Г.С. Методические указания по проведению теплотехнических и

газодинамических расчетов при испытаниях газотурбинных газоперекачивающих агрегатов ПР 51-31323949-43-99. Москва : ВНИИГАЗ. 1999. 26 с.

3. Кротов С.И., Мартынов А.И. Применение обобщенных характеристик газотурбинных установок при определении коэффициентов технического состояния // Территория нефтигаз. 2012. № 2. С. 44-55. URL: <http://neftegas.info/tng/vypusk-2-2012-g> (дата обращения 12.11.2016).

4. Ванчин А.Г. Экспресс-метод оценки располагаемой мощности ГТУ и коэффициента технического состояния по мощности на основе закономерностей сдвига характеристик ГТУ при изменении ее технического состояния. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело» – 2012. № 5. С. 287- 292. URL: <http://www.ogbus.ru> (дата обращения 12.11.2016).

5. Oleg V. Komarov, Viacheslav A. Sedunin, Vitaly L. Blinov, Alexander V. Skorochodov. Parametrical diagnostics of gas turbine performance on side at gas pumping plants based on standard measurements // ASME Turbo Expo, Dusseldorf, Germany, 16-20 june 2014. P. 1-8.